

《人形机器人仿真皮肤用热塑性弹性体（TPE）材料》征求意见稿

团体标准编制说明

一、任务来源

人形机器人仿真皮肤用热塑性弹性体（TPE）材料是指以热塑性聚氨酯弹性体（TPU）或苯乙烯类热塑性弹性体等为基材，通过添加增塑剂、相容剂、抗老化剂等助剂，经改性、挤出、注塑等工艺制成，具有接近人体皮肤的触感、外观及力学特性，用于人形机器人外观覆盖和肢体接触部位的柔性材料。该类材料需同时满足轻量化、耐磨抗撕裂、柔性形变、绝缘耐老化等多重性能要求，是实现人形机器人“感知—交互—执行”闭环功能的关键基础材料之一。

随着具身智能技术从实验室走向产业化，人形机器人正处于从原型验证向规模化量产过渡的关键阶段。特斯拉 Optimus 产线已于 2026 年启动投产，V3 机型月度产量目标持续爬升，远期年产能规划达百万台量级。在产能加速落地的背景下，整机轻量化与仿生交互成为核心攻关方向，仿真皮肤材料的需求从展示样机的小批量应用向规模化量产快速转变。当前，硅胶、TPE、PEEK、改性 PA66 等多条技术路线并行发展，其中 TPE 材料凭借其优异的柔韧性、可加工性和成本可控优势，成为实现人工肌肉、电子皮肤等柔性仿生

功能的主流选择之一。

为贯彻落实国家关于人工智能和机器人产业高质量发展的战略部署，满足人形机器人产业对仿真皮肤用 TPE 材料的迫切需求，统一材料的技术要求、性能指标和试验方法，解决当前产品规格不一、性能评价缺乏统一标尺等制约产业发展的瓶颈问题。根据《团体标准管理规定》、《中国西部开发促进会团体标准管理办法》有关规定，特立项本标准。本标准项目计划编号为 2026-291-CWDPA。

二、起草单位

本标准由中石化湖南石油化工有限公司提出，由中国西部开发促进会归口。本标准由中石化湖南石油化工有限公司、四川大学、湖南理工学院化工学院、昆山科信高分子材料有限公司、南京海旗新材料科技有限公司、高特威尔科学仪器(青岛)有限公司、北京化工大学、安徽雄亚塑胶科技有限公司共同起草。

三、标准的编制原则

标准起草小组在编制标准过程中，以国家现行低空经济相关法律法规、食品安全标准为基础，结合我国低空飞行器行业生产现状、市场需求及企业实际生产技术水平，按照

GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定及相关要求编制。

四、标准编制过程

1、项目调研阶段

2026年3月，标准起草工作组启动前期调研工作，全面梳理国内外热塑性弹性体材料及人形机器人仿生皮肤相关标准、文献资料，深入调研国内主要人形机器人整机企业（涵盖不同技术路线、不同应用场景）对仿真皮肤用TPE材料的性能需求及产品开发现状；调研TPE材料生产企业（涵盖不同基材类型、不同改性工艺）的生产工艺、质量控制指标、检测方法及产品分级现状；收集市场主流产品的性能测试数据，分析材料在触感仿真性、力学性能、耐久性、环境适应性等方面的技术差异与关键影响因素，完成调研资料汇总与技术分析，为标准编制奠定扎实的数据与技术基础。

2、项目立项阶段

2026年4月30日，中国西部开发促进会正式立项《人形机器人仿真皮肤用热塑性弹性体（TPE）材料》团体标准，明确标准立项获批，正式启动该团体标准的规范化编制流程。

3、标准起草阶段

立项后，成立标准编制工作起草小组，全面统筹标准编制组织工作，同步开展标准起草单位的筹备与征集，经严格征集、评审与筛选，确定标准起草工作组核心成员单位。工

工作组基于前期调研成果，于2026年5月完成《人形机器人仿真皮肤用热塑性弹性体（TPE）材料》团体标准草案稿编写；并于5月20日召开标准启动会议，针对草案稿内容研讨优化，完善标准框架与核心条款。

4、意见征集阶段

2026年7月21日，中国西部开发促进会标准化工作委员会发布通知，面向行业公开征集《人形机器人仿真皮肤用热塑性弹性体（TPE）材料》团体标准修改意见，广泛吸纳各方专业建议，对标准内容进行全面优化完善。

后续，标准起草工作组将结合意见征集阶段收集的反馈建议，对标准草案稿进行修订完善，并按流程进行送审及报批等工作。

五、标准主要内容

标准立项名称：《人形机器人仿真皮肤用热塑性弹性体（TPE）材料》

标准名称：《人形机器人仿真皮肤用热塑性弹性体（TPE）材料》

1、范围

本文件规定了人形机器人仿真皮肤用热塑性弹性体（TPE）材料的产品分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存。

本文件适用于以苯乙烯类热塑性弹性体（SEBS、SBS）为基础，通过共混改性制备的、用于人形机器人仿真皮肤的热塑性弹性体材料的生产、检验和验收。其他类型TPE材料（如TPU、PEBA等）可参照执行。本文件不适用于医疗植入用、军用防护用及其他特殊用途的机器人皮肤材料。

2、规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 528 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定

GB/T 529 硫化橡胶或热塑性橡胶撕裂强度的测定（裤形、直角形和新月形试样）

GB/T 531.1 硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第1部分：邵氏硬度计法（邵尔硬度）

GB/T 1040.1 塑料 拉伸性能的测定 第1部分：总则

GB/T 1040.2 塑料 拉伸性能的测定 第2部分：模塑和挤塑塑料的试验条件

GB/T 1681 硫化橡胶回弹性的测定

GB/T 1682 硫化橡胶 低温脆性的测定 单试样法

GB/T 1690 硫化橡胶或热塑性橡胶耐液体试验方法

GB/T 2408 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2918 塑料 试样状态调节和试验的标准环境

GB/T 3512 硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验

GB/T 3923.1 纺织品织物拉伸性能 第1部分：断裂强力和断裂伸长率的测定条样法

GB 4806.1 食品安全国家标准 食品接触材料及制品通用安全要求

GB/T 7141 塑料热老化试验方法

GB/T 7759.1 硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩永久变形的测定 第1部分：在常温及高温条件下

GB/T 7762 硫化橡胶或热塑性橡胶耐臭氧龟裂静态拉伸试验

GB/T 8807 塑料镜面光泽试验方法

GB/T 11547 塑料 耐液体化学试剂性能的测定

GB/T 16422.2 塑料 实验室光源暴露试验方法 第2部分：氙弧灯

ASTM-D2240 橡胶性能的标准试验方法 硬度计硬度
(Standard test method for rubber property—
Durometer hardness)

3、术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

热塑性弹性体 thermoplastic elastomer; TPE

指在常温下具有橡胶弹性，在高温下可塑化成型的一类高分子材料。本文件特指苯乙烯类热塑性弹性体（TPS，含SEBS、SBS）为基础制备的仿真皮肤用材料。

3.2

仿真皮肤材料 artificial skin material for humanoid robot

指用于覆盖人形机器人表面，模拟人类皮肤触感、外观和部分功能特性的柔性高分子材料。

3.3

邵氏硬度 shore hardness

指采用邵氏硬度计（邵尔硬度计）测定的材料抵抗压针压入的能力，单位为度（°）。本文件中，A型适用于软质材料，00型适用于超软材料。

注：邵氏硬度A0是热塑性弹性体可达到的超低硬度等级，触感接近人体皮肤。

3.4

拉伸强度 tensile strength

σ_m

在拉伸试验过程中，观测到的最大初始应力。

注1：以兆帕(MPa)为单位。

注2：该值也可能是试样在屈服或断裂时的应力。

[来源：GB/T 1040.1，定义3.6.2]

3.5

断裂伸长率 elongation at maximum force

在最大力的作用下产生的试样伸长率。

[来源：GB/T 3923.1，定义3.8]

3.6

压缩永久变形 compression set

指材料在规定的压缩条件下，经一定时间后去除压缩载荷，其残余变形量与原始高度的百分比，单位为百分数(%)。

3.7

表面电阻率 surface resistivity

指材料表面单位长度上的电阻值，单位为欧姆(Ω)或欧姆·米($\Omega \cdot m$)。用于评价材料的抗静电或导电性能。

3.8

肤感手感 skin-like tactile sensation

指材料表面触感接近人类皮肤的程度，包括柔软度、滑腻感、温润感等主观感知特性。

4、产品分类

本部分按硬度等级和功能特性进行了产品分类。

5、技术要求

本部分针对外观质量、物理力学性能、耐化学介质性能、耐脏污性能、表面性能、环境适应性、生物相容性、环保要求给出了具体要求。

6、试验方法

本部分给出了第5章节涉及的所有技术指标的试验方法。

7、检验规则

本部分包括控出厂检验和型式检验的内容。

8、标志、包装、运输与贮存

本部分包括标志、包装、运输与贮存的内容。

六、标准水平分析

6.1 采用国际标准和国外先进标准的程度

经查，国内外无相同类型的标准，故没有相应的国内外标准可采用。

6.2 与国际标准及国外标准水平对比

本标准达到国内先进水平。

6.3 与现有标准及制定中的标准协调配套情况

本标准的制定与现有的标准及制定中的标准协调配套，无重复交叉现象。

6.4 设计国内外专利及处置情况

经查，本标准没有涉及国内外专利。

七、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准及相关标准协调配套情况

本标准的制定过程、技术指标的选定、检验项目的设置符合现行法律、法规和强制性国家标准的规定。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准作为推荐性团体标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议，包括（组织措施、技术措施、过渡办法）

由于本标准首次制定，没有特殊要求。

十一、废止现有有关标准的建议

无。

《人形机器人仿真皮肤用热塑性弹性体
(TPE) 材料》

团体标准起草组

2026年5月